

**Formveränderungen des Kniegelenkes
und ihre Bedeutung
für das Zustandekommen
der Arthrosis deformans**

von

Erwin Schultz

aus Gevelsberg/Westfalen

E-H

1961

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen
Direktor: Professor Dr. G. Hegemann

Formveränderungen des Kniegelenkes und ihre Bedeutung
für das Zustandekommen der Arthrosis deformans

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
vorgelegt der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

von
Erwin Schultz
aus Gevelsberg/Westfalen

1961

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. G. Hegemann
Referent: Priv.-Doz. Dr. H. Schoberth
Korreferent: Professor Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 21.12.1961

Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen, Herrn Professor Dr. med. G. Hegemann für die Übernahme des Referates zu danken. Mein besonderer Dank gilt Herrn Privatdozenten Dr. med. H. Schoberth für die Anregung und die Überlassung des Themas. Ich danke Herrn Dr. Schoberth weiter für seinen wertvollen Rat und seine ständige Hilfsbereitschaft während der Durchführung der Arbeit.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548813_0019

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	4
Anatomie des Kniegelenkes	4
Histologie	6
Mechanik	6
Die Arthrosis deformans	7
Literaturbesprechung	8
Beziehung und Methoden zur Darstellung von Beziehungen bei der Ap-Aufnahme des Kniegelenkes	11
Zusammenfassung	24
Entsprechende Verhältnisse bei arthrotischen Kniegelenken	28
Vergleich der Ergebnisse	30
Statische Begründung	33
Statik des X-Beines	36
Statik	39
Schlußteil	41
Quellenverzeichnis	47

Aufgabenstellung

Diese Arbeit soll die Möglichkeiten einer frühzeitigen Diagnose der Arthrosis deformans durch Klärung und Sichtbarmachung von Faktoren, die zu dieser Krankheit führen können, aufzeigen. Sie beschränkt sich auf die Arthrosis deformans des Kniegelenkes. Auf Anregung von Herrn Dozenten Dr. Scherberth habe ich mir zur Aufgabe gestellt, statische Ursachen, die durch Fehlbelastungen im Kniegelenk zur Arthrosis deformans führen können, zu finden und zu überprüfen. Diese Arbeit soll Grundlage sein für eine Diskussion über eine vorbeugende Therapie im Sinne einer Osteotomie bei der Arthrosis deformans des Kniegelenkes.

Anatomie des Kniegelenkes

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. Es läßt Beugung, Streckung und Kreiselbewegung zu. Die Schenkelrollen sind nicht kreisförmig gekrümmt, sondern nach vorne zu abgeflacht. In der Streckstellung liegen flacher gekrümmte Anteile der Femurknorren den Pfannen des Schienbeins auf. Es ist also beim Stehen die Berührungsfläche zwischen Femur und Tibia am größten.

Die Menisci sind halbmondförmige Faserringe mit einem keilförmigen Querschnitt. Der Rücken des Keils zeigt nach außen und ist mit der Gelenkkapsel verwachsen. Die freien Enden des C sind strangförmig miteinander verhaftet. Die Unterfläche der Menisci ist eben, auf der oberen Seite passen sie sich den Formen der Femurrollen an. Sie sind in Form und Funktion als verformbare Ergänzung der Pfanne aufzufassen.

Das vordere Kreuzband verläuft von der inneren Fläche der lateralen Femurkondyle zur Area intercondylaris anterior des Schienbeins, das hintere Kreuz-

band von der Innenseite der medialen Femurkondyle zur Area intercondylaris posterior. Bei allen Stellungen des Kniegelenkes sind Teile der Kreuzbänder im Spannungszustand und sichern so die Stellung des Gelenkes.

Die wesentlichen Bänder der Scharnierbewegung sind die Ligamenta collateralia, von denen das Ligamentum collaterale tibiale vom Epicondylus medialis femoris zum medialen und hinteren Rand der Tibia verläuft, und das Ligamentum collaterale fibulare vom Epicondylus lateralis femoris zum Capitulum fibulae.

Die Gelenkkapsel des Kniegelenkes entspringt vorn 1 bis 2 cm von der Knorpelgrenze entfernt, läßt seitlich die Epicondylen frei und nähert sich hinten mehr der Gelenkfläche. An der Tibia ist sie unmittelbar am Knorpelrand befestigt und läßt das Gelenk des Fibulakopfes frei. Die Vorderwand der Kapsel ist durch die Sehne des Musculus quadriceps verstärkt.

Schleimbeutel sorgen an Berührungsflächen der Kapsel mit dem Knochen für eine reibungslose Verschiebungsmöglichkeit (BENNINGHOFF-GOERTLER).

Als bewegende Kräfte außer den Sehnen und Bändern ist die Muskulatur zu nennen. So fungieren als Beuger die ischiocruralen Muskeln, der Musculus sartorius, Musculus gracilis und Musculus gastrocnemius. Die Streckmuskulatur wird vom Musculus quadriceps gebildet. Außenrotation besorgt der Musculus biceps femoris und Innenrotation der Musculus semimembranosus, der Musculus semitendinosus, der Musculus sartorius, der Musculus popliteus sowie der Musculus gracilis (BENNINGHOFF-GOERTLER).

Histologie

Der Gelenkknorpel ist ein hyaliner Knorpel. Er besteht aus Knorpelzellen, Knorpelgrundsubstanz (Chondromucoid, Chondroitinschwefelsäure, Albumoid) und kollagenen Fibrillen. Die Knorpelzellen sind Mesenchymzellen. Der Knorpel selbst enthält keine Blutgefäße und wird durch Diffusion der ihn umgebenden Gewebsflüssigkeit ernährt. Bei ungenügender Ernährung verkalkt der hyaline Knorpel: Es werden Kalksalze in die Knorpelgrundsubstanz eingelagert.

Die knöchernen Teile des Kniegelenkes sind Ersatzknochen. Sie sind ursprünglich aus hyalinem Knorpel vorgebildet und werden dann durch Knochengewebe ersetzt. Im Gegensatz zum Knorpel besitzt der Knochen eine Gefäßversorgung. Eine feine Bälkchen- und Lamellenstruktur sorgt für eine große Belastungsfähigkeit (WALLRAFF, J.).

Mechanik

Das Verhalten der Gelenkflächen bei der Beuge-Streckbewegung ist folgendes: Im ersten Teil der Bewegung von 0° bis 20° läuft eine Rollbewegung ab, die dann in eine Gleit- oder Schleifbewegung übergeht. Bei äußerster Streckung erfolgt eine Schlußkreiselung mit Auswärtsdrehung des Unterschenkels (Supination) oder eine Pronation des Femurs um wenige Grade (FICK).

Die Schlußkreiselung ist der Vorläufer der endgültigen Feststellung des Gelenkes durch den Bandapparat (FICK, MEYER).

Dabei bewegen sich die Kondylen in entgegengesetzter Richtung: die laterale Kondyle nach vorn und die mediale Kondyle nach hinten (FICK, KNEESE).

Bei Bewegung im Kniegelenk erfahren die Berührungspunkte der Pfanne eine größere Belastung als die Berührungspunkte der Kondylen. Die Belastungsstellen der Kondylen wechseln während des Bewegungsablaufes ständig, die Pfanne steht dabei mehr oder weniger ruhig. So wurde nachgewiesen, daß zwanzig markierte Berührungspunkte der Femurkondylen während der Beugebewegung mit nur drei Stellen der Pfanne in Verbindung kommen (FICK, FISCHER, ZUPPINGER).

Die Arthrosis deformans

Die Arthrosis deformans beginnt mit einer Lockerung und Auffaserung des Gelenkknorpels, der stellenweise auch erweicht wird. Er schwindet dann entweder nur an den meist beanspruchten Stellen (Knorpelususur) oder aber über der gesamten Gelenkfläche (HAMPERL).

Dabei sind sicher die verschiedenen Ursachen von Bedeutung. Bei reinen Drucknekrosen des Knorpels wird sich der Knorpelschwund nur an den fehlbelasteten Stellen zeigen, während sich bei allgemeiner Knorpelschädigung (Intoxikation) der Prozeß über die gesamte Fläche erstrecken wird.

Die mechanischen Einwirkungen im Gelenk werden durch den Schwund des Gelenkknorpels unmittelbar auf das subchondrale Gewebe übertragen. Die Knochenbälkchen brechen ein, und die Trümmer werden in die Markräume gepreßt. Blutungen und entzündliche Reaktionen sind die Folgen. Durch Resorption entstehen Cysten (Blut-Detritus-Knorpelgeröllycysten). Durch den (entzündlichen?) Reiz setzt eine Wucherung des Markgewebes ein, das in den noch vorhandenen Gelenkknorpel einwachsen kann und so einen weiteren Knorpelschaden setzt. Die Wucherungen sind besonders ausgeprägt an den Gelenkrändern und führen hier in Form der Randwülste zu Knochenneubildungen. Es setzt ein ungeordneter Knochen-

abbau und -aufbau ein. Ist aller Gelenkknorpel zerstört, liegen die knöchernen Gelenkflächen unmittelbar einander auf. Durch die schleifende Bewegung entstehen auf ihnen Furchen und Rinnen (Schliff-Furchen). Durch die Belastung wird der Knochen immer mehr abgeflacht. Es können Knochenstücke abgerissen werden, die dann als freie Körper in der Gelenkhöhle liegen bleiben (Gelenkmäuse). Die Veränderungen der Gelenkkapsel zeigen sich in einer reichlichen Einlagerung von Fettgewebe in die Zotten der Synovialis (HAMPERL, BÜCHNER).

Literaturbesprechung

Versuche von SALTER und FIELD ergaben, daß nach einer Dauerdruckbelastung des lebenden Gelenkknorpels oberflächliche Nekrosen auf Grund einer Ernährungsdiffusionsstörung auftreten. Die ersten Nekrosen wurden nach 6-tägiger Dauerbelastung festgestellt. Die Versuche wurden allerdings am fixierten Gelenk vorgenommen, so daß die dauernd wechselnde Belastung verschiedener Punkte, wie sie ja bei der normalen Bewegung auftritt, nicht berücksichtigt werden konnte. Es bleibt fraglich, ob und in welchem Maße eine Erholungspause überbeanspruchter Knorpelstellen eine Nekrotisierung verhindern kann.

ALBERT F. MARTIN beweist experimentell, daß Veränderungen der Bänder des Kniegelenkes im Sinne einer Narbenschumpfung zur Fehlbelastung und zur Degeneration des Gelenkknorpels führen können.

F. KÖNIG weist auf die Erzeugung von Knorpelnekrosen durch traumatische Einwirkungen und durch pyogene Infektionen der Synovia hin. Bei der rein traumatischen Nekrose ohne Infektion konnte KÖNIG eine ver-

hältnismäßig starke Granulationsfähigkeit mit anschließender RepARATION des Gelenkknorpels beobachten.

WALTER BAUER und G.A.BENNET lehnen infektiöse, innersekretorische und rein traumatische Ursachen für die zur Arthrosis deformans führenden Knorpelveränderungen ab und erkennen als führende Ursache die Stoffwechselstörung im Sinne einer Diffusionsstörung an.

Wir meinen, daß eine Diffusionsstörung selten primär auftritt, sondern in den meisten Fällen durch Fehl- und Überbelastung des Gelenkknorpels ausgelöst wird.

Im Gegensatz zu KÖNIG weist AXHAUSEN auf eine außergewöhnlich geringe Heilneigung des Gelenkknorpels hin.

Nach OTTE liegt die Keimschicht des hyalinen Knorpels unmittelbar an der Oberfläche. Es liegt auf der Hand, daß die so exponierte Keimschicht bei Knorpelläsionen auch oberflächlichster Art immer geschädigt wird und so zu keiner geordneten Regeneration in der Lage ist. Histologisch ist nach Verletzungen des hyalinen Knorpels nur das Auftreten wenig differenzierter Zellnester nachzuweisen.

Die histologische Betrachtung der Gelenkkapsel und der periartikulären Weichteile läßt nach RÜTT keinerlei Hinweise auf die Aetiologie und die Pathogenese der Arthrosis deformans erkennen. Die Gelenkkapsel zeigt lediglich eine chronische seröse Entzündung, die auf Grund der mechanischen Irritation des Gewebes entsteht. Organische Veränderungen fand RÜTT nicht.

R.MAIER schreibt der Zugatrophie bei der Genese der Arthrosis deformans große Bedeutung zu. Die in die Knochenlamellen einstrahlenden Gelenkkapselfibrillen

sollen den Knochen an umschriebenen Stellen zu unregelmäßiger Neubildung anregen. Es ist erklärlich, daß bei Fehlstellungen des Gelenkes aller Art veränderte Zugbedingungen auftreten, die in Richtung und Stärke von der Norm abweichen. Es ist die Frage, welcher Reiz bei einer Fehlstellung, also auch Fehlbelastung pathogenetisch eher wirksam wird: Die massiv einsetzende Druckfehlbelastung oder die größenordnungsmäßig geringe Zugveränderung. Unseres Erachtens nach ergänzen sich beide Faktoren, so daß man pathogenetisch nicht Druck- und Zugfehlbelastung trennen kann.

WIBERG kommt bei seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die mechanischen Ursachen vorherrschend sind in der Genese der Arthrosis deformans. WIBERG's Ergebnisse stützen sich auf degenerative Veränderungen nach Knorpelbelastungen.

Das Kniegelenk ist in seiner Funktion ein reines Stützgelenk. Die normale Stützstellung ist die äußerste Streckung im Kniegelenk. Es stehen die Gelenkrollen, die Kondylen des Femurs, mit den Gelenkpfannen des Schienbeinkopfes in Berührung. Auf die Längsachse des Femurs bezogen, steht die fibuläre Kondyle weiter distal als die tibiale. Beim aufrechten Stehen ist die Femurlängsachse jedoch so nach außen geneigt, daß die Aufsetzflächen der Gelenkrollen annähernd in einer waagrechten Ebene stehen. Beide Gelenkkörper, beim Femur mehr als bei der Tibia, sitzen nicht achsengerecht auf den Knochenschäften, sondern sind retroponiert. Beide sind gegenüber den Schäften verdickt, das Femurende auf das mehr als Zweifache des Schaftes. Die Gelenkrollen sind der Quere nach ge-

rundet, die tibiale stärker als die fibuläre Gelenkrolle. Im Laufe der Entwicklung erfolgt eine Veränderung der Rundung. Bis zum Laufenlernen besteht die fetale Rundform. Im zweiten und dritten Lebensjahr erfolgt eine Abflachung der Krümmung, die bis zum Lebensende zunimmt (LANG-WACHSMUTH, HENLE).

Beim Kniegelenk am geraden Bein trifft die Traglinie, das ist die Linie von der Mitte des Hüftgelenkkopfes zur Mitte des Knöchels, auch die Mitte des Kniegelenkes. Die Druckbelastung des Kniegelenkes ist dabei gleichmäßig auf die beiden Hälften verteilt. In der Entwicklung liegt die Traglinie zunächst fibulärwärts, dann tibialwärts der Kniegelenksmitte auf Grund verschiedener Wachstumsvorgänge in den beiden Epiphysenhälften. Kniegelenke, bei denen die Traglinie die Kniegelenksebene außerhalb des mittleren Drittels trifft, sind als pathologisch zu bewerten (Abb. 1).

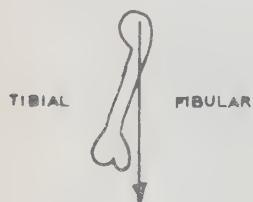
Bei Abweichungen der Kniegelenksmitte aus der Traglinie erreicht jede Tragfläche eine Druckbeanspruchung, deren Größe in umgekehrtem Verhältnis zu ihrem Abstand von der Traglinie steht. Die Verhältnisse der Traglinie sind bei der Röntgenaufnahme des Kniegelenkes am einfachsten auf die Femurlängsachse zu übertragen, da die Druckfortpflanzung im Femur entlang der Längsachse erfolgt (STEINDLER, FISCHER, STRASSER).

Beziehungen und Methoden zur Darstellung von Beziehungen bei der Ap-Aufnahme des Kniegelenkes

1. Feststellung der Längsachse des Oberschenkel-schaftes:

Um die Längsachse feststellen zu können, müssen mehrere sich jeweils in gleicher Höhe auf den

NEUGEBORENES



TRAGLINIE IM FEMUR

1 JAHR 3 MONATE



4 JAHRE



Kniegelenksmitte

6 JAHRE



ERWACHSENER



BEIM ERWACHSENEN
KANN DIE FEMURLÄNGS-
ACHSE GLEICH TRAGLI-
NIE GESETZT WERDEN

Femurschaftsrändern gegenüberliegende Punkte bestimmt werden. Es können dabei nur solche Punkte gewählt werden, die proximal der Verbreiterung des Femurschaftes liegen, um nicht die Längsachse mit der Mittelachse zu verwechseln. Um die Längsachse bestimmen zu können, wird ein Koordinatensystem eingeführt, das so gewählt wird, daß die x-Achse die distale Krümmung der tibularen Gelenkrolle des Femurs tangiert und die y-Achse in einem Punkt Tangente der lateralen Krümmung der tibularen Gelenkrolle des Femurs ist (Abb. 2). Die Tangenten sind so zu legen, daß sie sich in einem rechten Winkel schneiden. Der Schnittpunkt ist der O-Punkt des Koordinatensystems. Man zieht nun in beliebiger Höhe, aber proximal der Kondylenverbreiterung des Femurs, eine Parallele zur x-Achse, die den Schaft in zwei Punkten schneidet, P1 und P2, und wiederholt dasselbe etwa 1 cm distalwärts bzw. proximalwärts und erhält so die Punkte P3, P4. Die Mittelpunkte der Verbindungslinien P1-P2 und P3-P4 ergeben die Richtung der Längsachse des Oberschenkelchaftes. M1-M2 ist die Richtung der Längsachse, die die x-Achse in A schneidet.

2. Auch die Längsachse der Tibia wird nach der oben genannten Methode, auf dasselbe Koordinatensystem bezogen, bestimmt. Das Verhalten der beiden Längsachsen zueinander ermöglicht eine Aussage über die Geradheit des gesamten Beines.
3. Stand der tiefsten Kondylenpunkte in bezug auf die y-Achse des Koordinatensystems:

Durch Parallelverschiebung der x-Achse bis zur Tangierung mit dem tiefsten Punkt der fibularen Kondyle erhält man eine Linie, die die y-Achse

in einem Punkte B schneidet. Der Abstand B-A ist die Größe, um die die beiden tiefsten Punkte der Kondylen in bezug auf die y-Achse auseinanderstehen.

4. Bestimmung der Entfernung des tiefsten Punktes der tibialen Pfanne zum tiefsten Punkt der fibularen Pfanne: auf der y-Achse durch Parallelverschiebung der x-Achse.

5. Bestimmung der Kondylenebene:

Die Kondylenebene ist die Verbindungslinie des tiefststehenden Punktes der fibularen Kondyle und des tiefststehenden Punktes der tibialen Kondyle.

6. Bestimmung der Pfannenebene:

Die Pfannenebene ist die Verbindung des tiefsten Punktes der fibularen Pfanne mit dem tiefsten Punkt der tibialen Pfanne.

7. Form der Kondylen.

8. Winkel der Femurlängsachse mit der Kondylenebene.

9. Winkel der Tibiallängsachse mit der Pfannenebene
(Abb. II).

Das Material bestand aus 200 willkürlich herausgesuchten Ap-Aufnahmen von normalen Kniegelenken.

Bei 119 Aufnahmen = 59,5% fand sich ein tieferer Stand der tibialen Kondyle gegenüber der fibularen Kondyle. Die tibiale Pfanne stand bei 120 Kniegelenken = 61% tiefer als die fibulare Pfanne (Abb.III).

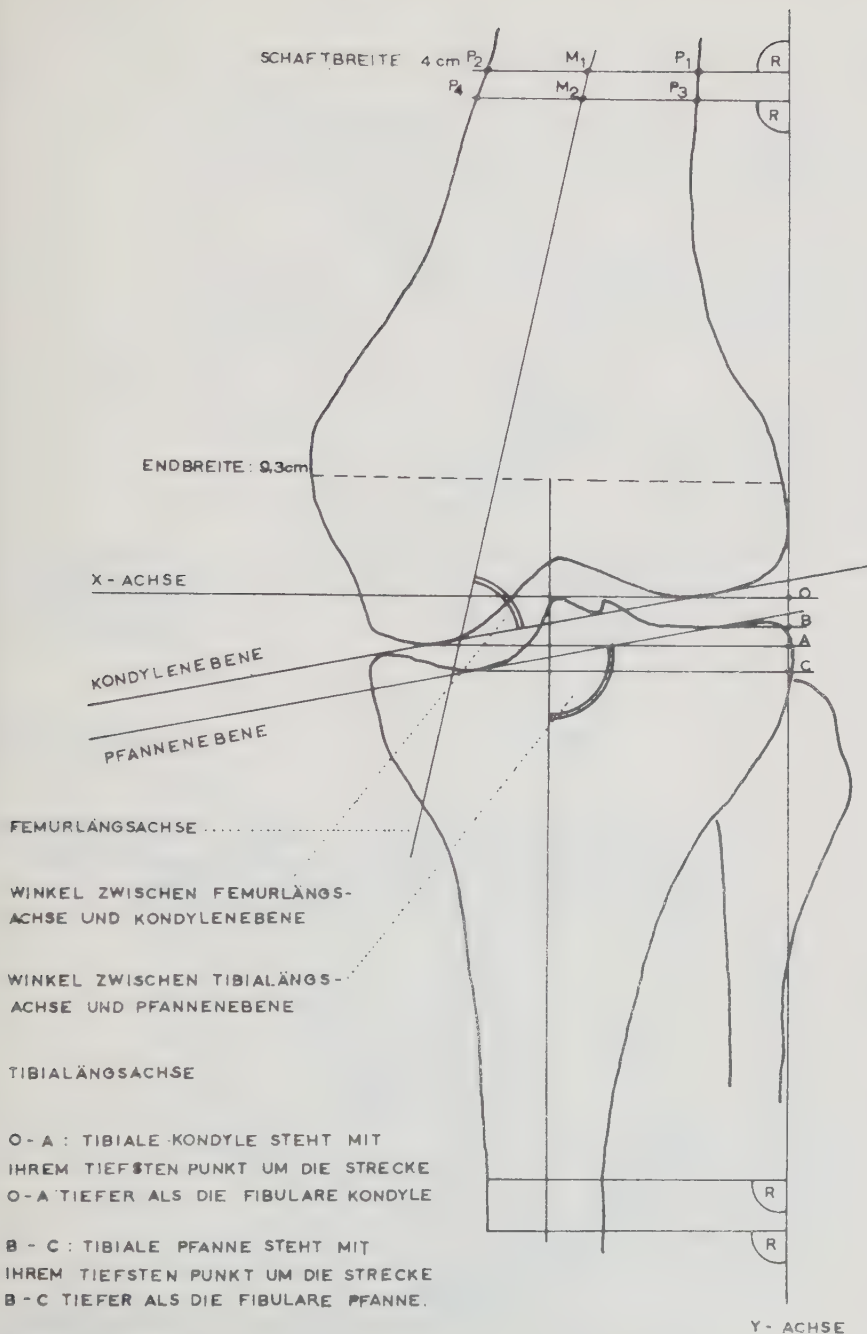


Abb. 2

ANZAHL DER
ZUTREFFENDEN
FÄLLE

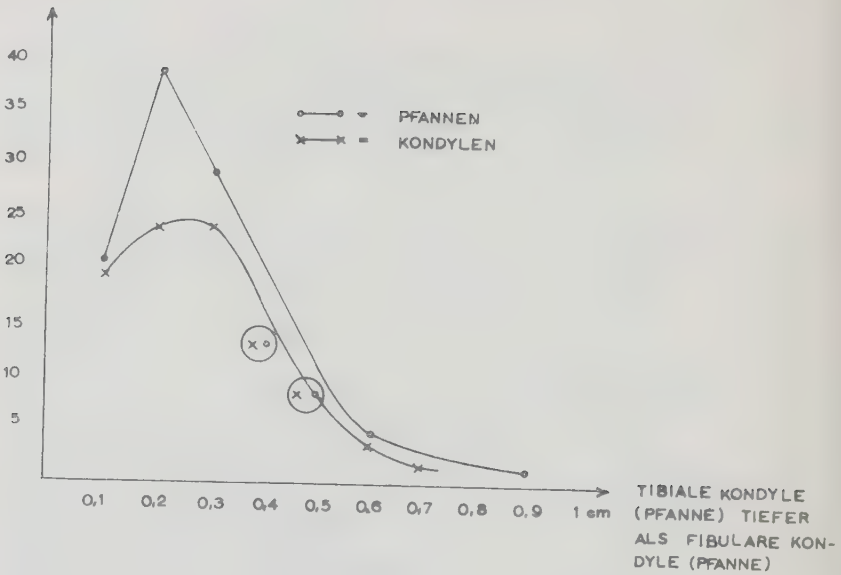


Abb III

Bei 45 Kniegelenken = 22,5% stand die fibuläre Kondyle tiefer als die tibiale. Bei 44 Kniegelenken = 22% stand die fibuläre Pfanne tiefer (Abb. IV).

ANZAHL DER
ZUTREFFENDEN
FÄLLE

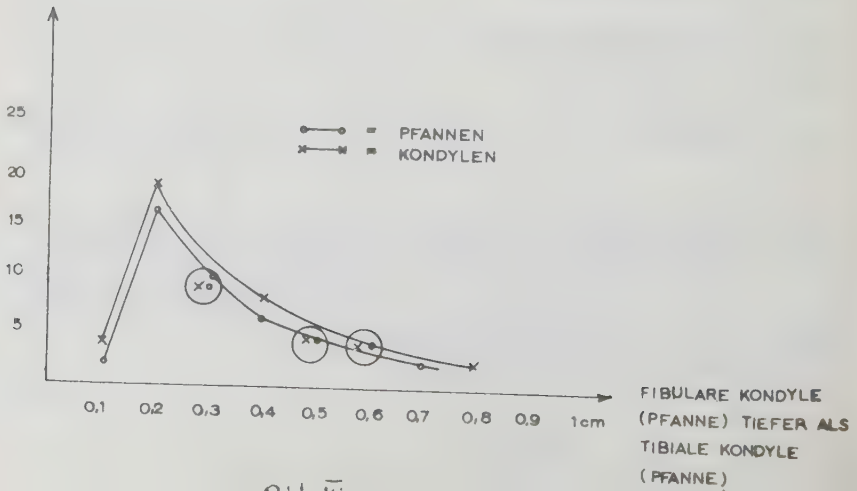


Abb IV

Bei 36 Kniegelenken = 18% standen beide Kondylen auf gleicher Höhe, ebenso bei 34 = 17% beide Pfannen.

Bei 168 Kniegelenken = 84% ergab sich ein gleichgerichteter Tiefstand von Kondyle und dazugehöriger Pfanne.

Der Tiefstand deckte sich in 69 Fällen ganz, betrug 0,1 cm Unterschied in 66 Fällen, 0,2 cm Unterschied in 27 Fällen, 0,3 und mehr cm in 6 Fällen (Abb.V).

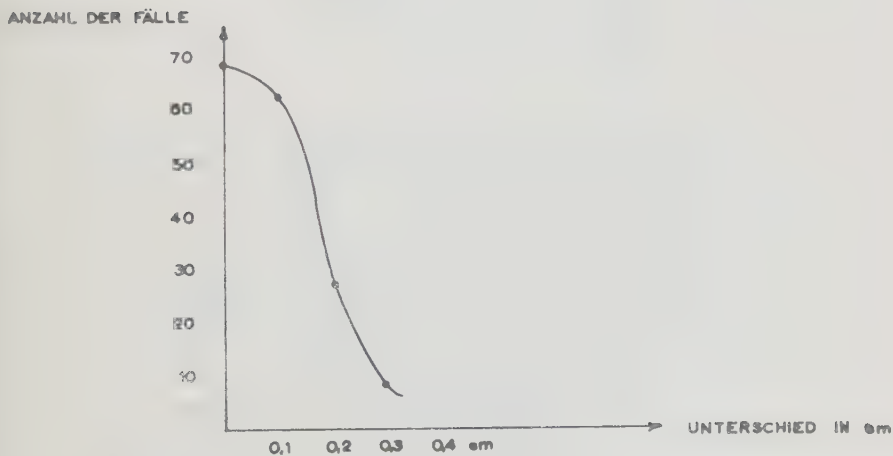


Abb. V

Bei einer Aufschlüsselung nach Alter und Geschlecht ergaben sich folgende Werte:

a) Männer bis 30 Jahre (40 Fälle):

Kondylen- und Pfannengleichstand: 4 Fälle

Tibiale Kondyle und tibiale Pfanne tiefer:

31 Fälle, davon gleich tiefer: 15

0,1 cm Unterschied: 10

0,2 cm Unterschied: 5

0,3 und mehr cm Un-

terschied: 1

Fibulare Kondyle und fibulare Pfanne tiefer:

5 Fälle, davon gleich tiefer: keiner

0,1 cm Unterschied: 5

b) Männer bis 50 Jahre (49 Fälle):

Kondylen- und Pfannengleichstand: 6 Fälle

Tibiale Kondyle und tibiale Pfanne tiefer: •

25 Fälle, davon gleich tiefer: 8

0,1 cm Unterschied: 10

0,2 cm Unterschied: 7

Fibulare Kondyle und fibulare Pfanne tiefer:

18 Fälle, davon gleich tiefer: 4

0,1 cm Unterschied: 10

0,2 cm Unterschied: 4

c) Männer über 50 Jahre (28 Fälle):

Kondylen- und Pfannengleichstand: 4 Fälle

Tibiale Kondyle und tibiale Pfanne tiefer:

15 Fälle, davon gleich tiefer: 5

0,1 cm Unterschied: 2

0,2 cm Unterschied: 7

0,3 cm und mehr Unterschied: 1

Fibulare Kondyle und fibulare Pfanne tiefer:

9 Fälle, davon gleich tiefer: 3

0,1 cm Unterschied: 5

0,2 cm Unterschied: 1

d) Frauen bis 30 Jahre (25 Fälle):

Kondylen- und Pfannengleichstand: 3 Fälle

Tibiale Kondyle und tibiale Pfanne tiefer:

16 Fälle, davon gleich tiefer: 12

0,1 cm Unterschied 4

Fibulare Kondyle und fibulare Pfanne tiefer:

6 Fälle, davon gleich tiefer: 3

0,1 cm Unterschied 2

0,2 cm Unterschied 1

e) Frauen bis 50 Jahre (40 Fälle):

Kondylen- und Pfannengleichstand: 6 Fälle

Tibiale Kondyle und tibiale Pfanne tiefer:

24 Fälle, davon gleich tiefer:	10
0,1 cm Unterschied:	10
0,2 cm Unterschied:	3
0,3 und mehr cm Unterschied	1

Fibuläre Kondyle und fibuläre Pfanne tiefer:

10 Fälle, davon gleich tiefer:	5
0,1 cm Unterschied:	4
0,3 und mehr cm Unterschied:	1

f) Frauen über 50 Jahre (18 Fälle):

Kondylen- und Pfannengleichstand: 5 Fälle

Tibiale Kondyle und tibiale Pfanne tiefer:

11 Fälle, davon gleich tiefer:	2
0,1 cm Unterschied:	7
0,2 cm Unterschied:	2

Fibuläre Kondyle und fibuläre Pfanne tiefer:

2 Fälle, davon gleich tiefer:	1
0,3 und mehr cm Unterschied:	1

Unter a) ergibt sich also ein Gleichzustand von Kondylen und Pfannen in 10% der Fälle, unter b) in 13,3%, unter c) in 14,4%, unter d) in 12%, unter e) in 15% und unter f) in 27,8%.

Die tibiale Kondyle und die tibiale Pfanne stehen tiefer als die fibuläre Kondyle und fibuläre Pfanne

- bei a) in 77,5%, dabei ist in keinem Falle der Unterschied größer als 0,2 cm;
- b) in 52 %, dabei ist in keinem Falle der Unterschied größer als 0,2 cm;
- c) in 53,6%, von diesen Fällen zeigen 92% einen Unterschied bis 0,2 cm und 8% mehr als 0,2 cm;
- d) in 64 %, dabei ist in keinem Falle der Unterschied größer als 0,2 cm;

- e) in 60 %, von diesen Fällen zeigen
96% einen Unterschied bis 0,2 cm
und 4% mehr als 0,2 cm;
- f) in 61,1%, von diesen Fällen zeigen 85%
einen Unterschied bis 0,2 cm
und 15% mehr als 0,2 cm.

Die fibulare Kondyle und die fibulare Pfanne stehen tiefer als die tibiale Kondyle und die tibiale Pfanne bei a) in 12,5%, dabei ist in keinem Falle der

- Unterschied größer als 0,2 cm;
- b) in 36,7%, dabei ist in keinem Falle der
Unterschied größer als 0,2 cm;
- c) in 32 %, dabei ist in keinem Falle der
Unterschied größer als 0,2 cm;
- d) in 24 %, dabei ist in keinem Falle der
Unterschied größer als 0,2 cm;
- e) in 25 %, in diesen Fällen zeigen
90% einen Unterschied bis 0,2 cm
und 10% mehr als 0,2 cm;
- f) in 11,1%, in diesen Fällen zeigen
50% einen Unterschied bis 0,2 cm
und 50% mehr als 0,2 cm.

Bei allen 200 Aufnahmen ergab sich als Mittelwert, daß die tibiale Kondyle 0,12 cm tiefer steht als die fibulare Kondyle. Die tibiale Pfanne steht im Mittel 0,085 cm tiefer als die fibulare Pfanne.

Bei der Untersuchung der Längsachsen des Femurs und der Tibia ergaben sich folgende Verhältnisse:

Bei den Männer: Von 118 Aufnahmen verliefen bei 94

= 79,6% die beiden Längsachsen annähernd parallel, d.h. es handelte sich um gerade Beine. Bei den restlichen 24 Aufnahmen erfolgte ein Schnitt der beiden Längsachsen, davon lag bei 8 Aufnahmen = 6,8% der Wert y des Schnittpunktes niedriger als ± 10 cm, d.h. es lag eine deutliche Krümmung des Beines vor.

Bei den Frauen: Von 82 Aufnahmen verliefen bei 65 = 79,2% die beiden Längsachsen annähernd parallel, d.h. es handelte sich um gerade Beine. Bei den restlichen 17 Aufnahmen erfolgte ein Schnitt der beiden Längsachsen, davon lag bei 3 Aufnahmen = 3,6% der Wert y des Schnittpunktes niedriger als ± 10 cm, d.h. es lag eine deutliche Krümmung des Beines vor.

Bei der Untersuchung des Verhältnisses von Pfannenebene zu Kondylenebene ergaben sich folgende Werte:

Bei 142 Aufnahmen = 71% verliefen Pfannenebene und Kondylenebene parallel zueinander.

Bei 30 Aufnahmen = 15% zeigte sich eine Konvergenz der beiden Ebenen nach tibial. Dabei zeigte sich in 17 Fällen eine deutliche Verdickung der tibialen Kondyle gegenüber der fibularen Kondyle, in 13 Fällen waren die Kondylen symmetrisch ausgebildet.

Bei 14 Aufnahmen = 7% zeigte sich eine Konvergenz der beiden Ebenen nach fibular. Dabei zeigte sich in 6 Fällen eine deutliche Verdickung der fibularen Kondyle.

Bei 14 Aufnahmen = 7% schnitten sich beide Ebenen im Blickfeld, davon bei 13 tibialwärts mit Winkeln zwischen 2° und 5° , und bei 1 Aufnahme fibularwärts mit einem Winkel von 4° .

Bei allen 200 Aufnahmen zeigte sich eine Verbreiterung

des distalen Femurendes auf einen Wert, der überall zwischen dem 2 und $2\frac{1}{2}$ -fachen des Femurschaftes lag.

Zwischen Tibiaachse und Pfannenebene und zwischen Femurachse und Kondylenebene wurden folgende Winkel gefunden:

- a) Bei Männern bis zu 30 Jahren zeigte sich für den Winkel zwischen Tibiaachse und Pfannenebene ein aus 40 Aufnahmen errechneter Mittelwert von 96° . Die Schwankungsbreite lag hier zwischen 91° und 99° . Der Mittelwert für den Winkel von Femurachse und Kondylenebene betrug 83° bei einer Schwankungsbreite von 80° bis 87° .
- b) Bei Männern bis zu 50 Jahren zeigte sich für den Winkel zwischen Tibiaachse und Pfannenebene ein aus 49 Aufnahmen errechneter Mittelwert von $95,2^{\circ}$. Die Schwankungsbreite lag hier zwischen 92° und 100° . Der Mittelwert für den Winkel von Femurachse und Kondylenebene betrug 83° bei einer Schwankungsbreite von 79° bis 86° .
- c) Bei Männern über 50 Jahren zeigte sich für den Winkel zwischen Tibiaachse und Pfannenebene ein aus 28 Aufnahmen errechneter Mittelwert von $93,7^{\circ}$. Die Schwankungsbreite lag hier zwischen 91° und 99° . Der Mittelwert für den Winkel von Femurachse und Kondylenebene betrug $82,4^{\circ}$ bei einer Schwankungsbreite von 78° bis 86° .
- d) Bei Frauen bis zu 30 Jahren zeigte sich für den Winkel zwischen Tibiaachse und Pfannenebene ein aus 25 Aufnahmen errechneter Mittelwert von $95,6^{\circ}$. Die Schwankungsbreite lag hier zwischen 92° und 98° . Der Mittelwert für den Winkel von Femurachse und Kondylenebene betrug 82° bei einer Schwankungsbreite von 80° bis 84° .

- e) Bei Frauen bis zu 50 Jahren zeigte sich für den Winkel zwischen Tibiaachse und Pfannenebene ein aus 40 Aufnahmen errechneter Mittelwert von 96° . Die Schwankungsbreite lag hier zwischen 91 und 100° . Der Mittelwert für den Winkel von Femurachse und Kondylenebene betrug $81,8^{\circ}$ bei einer Schwankungsbreite von 78 bis 87° .
- f) Bei Frauen über 50 Jahre zeigte sich für den Winkel zwischen Tibiaachse und Pfannenebene ein aus 17 Aufnahmen errechneter Mittelwert von $96,5^{\circ}$. Die Schwankungsbreite lag hier zwischen 94 und 100° . Der Mittelwert für den Winkel von Femurachse und Kondylenebene betrug $80,6^{\circ}$ bei einer Schwankungsbreite von 77 und 85° .

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die aufgestellten Beziehungen geben einen Aufschluß über die Druckbelastung und Reibbelastung im Kniegelenk.

Es fanden sich folgende Verhältnisse:

- I. Bei 59,5% aller untersuchten Fälle stand die tibiale Kondyle tiefer als die fibuläre Kondyle. Die Hauptschwankungsbreite (85 von 119) lag zwischen $0,1$ bis $0,4$ cm Unterschied (Kurve 1). Bei 61% stand entsprechend die tibiale Pfanne tiefer als die fibuläre Pfanne. Beide Kurven zeigen einen angenäherten Verlauf, d.d. daß in der Regel bei einem Kondylentiefstand der einen oder anderen Kondyle auch die dazugehörige Pfanne tiefer steht. Ein Gleichstand beider Kondylen wurde bei 18% der untersuchten Fälle gefunden. Die dazugehörigen Pfannen standen in 17% aller Fälle gleich tief. Bei 22,5% stand die fibuläre Kondyle tiefer als die tibiale Kondyle und bei 22% die

fibuläre Pfanne tiefer als die tibiale Pfanne. Dabei zeigte sich, daß bei Männern bis zu 50 Jahren der Unterschied zwischen Kondylentiefstand und dem Tiefstand der dazugehörigen Pfanne in keinem Falle mehr als 0,2 cm betrug. Stand also die tibiale Kondyle z.B. um 0,4 cm tiefer als die fibuläre Kondyle, so stand die dazugehörige Pfanne niemals mehr als 0,6 cm und niemals weniger als 0,2 cm tiefer als die andere Pfanne. Bei Männern über 50 Jahre war der Unterschied in 8% größer als 0,2 cm. Demgegenüber fanden sich bei Frauen über 30 Jahre in 15% aller Fälle Abweichungen von mehr als 0,2 cm.

Um eine gleichmäßige Druckverteilung im Kniegelenk zu erhalten, muß rein statisch gefordert werden, daß bei dem Tieferstand einer Kondyle die dazugehörige Pfanne um den gleichen Betrag tiefer stehen muß als die andere Pfanne. Diese Forderung wurde jedoch nur in etwa $\frac{1}{3}$ der untersuchten Fälle erfüllt. Da es sich bei dem untersuchten Material aber um einwandfrei gesunde Kniegelenke gehandelt hat, muß eine Kompensationsmöglichkeit der verschiedenen Druckbelastungen wenigstens bis zu einem Unterschied von 0,2 cm als sicher angenommen werden.

- II. Eine weitere Bedingung für eine gleichmäßige Druckverteilung im Kniegelenk ist eine möglichst große Geradheit im Bein, d.h. die Längsachsen von Tibia und Femur müssen annähernd parallel verlaufen. Es ist leicht zu verstehen, daß die Belastung von medialer Kondyle und Pfanne bei einem O-Bein größer sein muß als die der lateralen Kondyle und Pfanne.

Beim X-Bein sind entsprechend laterale Kondyle und Pfanne stärker belastet. Bei 79,6% der Männer fanden sich gerade Beine, während sich bei 6,8% die Längsachsen bei $y \pm 10$ cm schnitten, also eine stärkere Krümmung des Beines vorlag. Bei 13,6% zeigte sich eine schwache Krümmung des Beines. Bei den Frauen hatten 79,2% gerade Beine, 17,2% ein schwach gekrümmtes Bein und 3,6% ein stark gekrümmtes Bein. Eine Auswertung nach dem Alter blieb ohne charakteristisches Ergebnis.

In allen Fällen mit stark gekrümmten Beinen war ein Druckausgleich erzielt durch einen entsprechend starken Tieferstand, beim O-Bein der medialen Pfanne und Kondyle und beim X-Bein der lateralen Pfanne und Kondyle. Je stärker die Krümmung, desto tiefer standen die entsprechenden Kondylen und Pfannen.

III. Als weitere Maße für die Druckverteilung im Kniegelenk kommen die Winkel zwischen Längsachse des Femurs und Kondylenebene, sowie zwischen Längsachse der Tibia und der Pfannenebene in Frage, wenn man die Längsachsen als Druckfortpflanzungsrichtung in Femur und Tibia betrachtet. In allen untersuchten Fällen schnitten die Längsachsen die horizontale Mittelebene des Kniegelenks im mittleren Fünftel, d.h. daß die Druckverteilung auf beide Kondylen und Pfannen annähernd gleich war (s. statische Abbildung).

Für den Winkel zwischen Femurlängsachse und Kondylenebene wurde bei den untersuchten normalen Kniegelenken folgende Werte gefunden:

- a) Bei Männern bis 30 Jahre ein Mittelwert von 83° bei einer Schwankungsbreite von $80 - 87^{\circ}$.
- b) Bei Männern bis 50 Jahre: Mittelwert 83° , Schwankungsbreite $79 - 86^{\circ}$.
- c) Bei Männern über 50 Jahre: Mittelwert $82,4^{\circ}$, Schwankungsbreite $78 - 86^{\circ}$.
- d) Bei Frauen bis 30 Jahre: Mittelwert 82° , Schwankungsbreite $80 - 84^{\circ}$.
- e) Bei Frauen bis 50 Jahre: Mittelwert $81,8\%$, Schwankungsbreite $78 - 87^{\circ}$.
- f) Bei Frauen über 50 Jahre: Mittelwert $80,6^{\circ}$, Schwankungsbreite $77 - 85^{\circ}$.

Bei Frauen liegt der Mittelwert um $1 - 2^{\circ}$ niedriger als bei den Männern. Bei Männern und Frauen nimmt er mit dem Alter ab. Wir fanden, daß in Fällen, in denen die Femurlängsachse das Kniegelenk in der Mitte schneidet, der Winkel innerhalb der häufigsten Schwankungsbreite die höchsten Werte erreicht, d.h. sich 90° näherte.

Für die Winkel zwischen Tibialängsachse und Pfannenebene fanden sich in den einzelnen Gruppen folgende Verhältnisse:

- | | | | | |
|----|------------|----------------|-------------------|----------------------|
| a) | Mittelwert | 96° , | Schwankungsbreite | $91 - 99^{\circ}$, |
| b) | " | $95,2^{\circ}$ | " | $92 - 100^{\circ}$, |
| c) | " | $93,7^{\circ}$ | " | $91 - 99^{\circ}$, |
| d) | " | $95,6^{\circ}$ | " | $92 - 98^{\circ}$, |
| e) | " | 96° | " | $91 - 100^{\circ}$, |
| f) | " | $96,5^{\circ}$ | " | $94 - 100^{\circ}$. |

Bei Frauen also in der Regel $1 - 3^{\circ}$ größere Werte.

Es fand sich zwischen den beiden Winkeln im allgemeinen eine umgekehrte Proportionalität.

IV. Ein Maß für die Reibungsbelastung im Kniegelenk bei Bewegungen ist die Stellung von Kondylen-ebene und Pfannenebene zueinander. Verlaufen beide Ebenen parallel zueinander, so ist die Reibungsbelastung medial und lateral im Kniegelenk gleich groß, konvergieren sie nach einer Seite, so wird die Reibungsbelastung auf dieser Seite größer, da hier der Abstand der knöchernen Teile von Pfanne und Kondyle geringer ist.

Beide Ebenen verliefen parallel bei 71% aller untersuchten Fälle. In 15% zeigte sich eine leichte Konvergenz nach tibial, in 7% eine leichte Konvergenz nach fibular. Im Blickfeld schnitten sich beide Ebenen in 7% der Fälle, und zwar mit Winkeln zwischen 2 und 5°.

Entsprechende Verhältnisse bei arthrotischen Kniegelenken

Zu Vergleichszwecken standen uns 50 Aufnahmen zur Verfügung, die eine deutliche Veränderung im Sinne der Arthrosis deformans der Kniegelenke zeigten.

Eine Aufschlüsselung nach dem Alter und Geschlecht war wegen der verhältnismäßig geringen Anzahl und wegen der Tatsache, daß fast alle Fälle dieselbe Altersgruppe betrafen, nicht angebracht.

- I. Bei 36 Aufnahmen = 72% stand die tibiale Kondyle tiefer als die fibulare.
Bei 29 = 58% stand entsprechend die tibiale Pfanne tiefer als die fibulare.
- Bei 6 = 14% stand die fibulare Kondyle tiefer als die tibiale und bei 16 = 32% stand die fibulare Pfanne tiefer als die tibiale.

Bei 7 - 14% standen beide Kondylen gleiclauf
und bei 5 = 10% beide Pfannen.

Bei 29 Aufnahmen = 58% ergab sich ein gleichge-
richteter Tieferstand von Pfanne und dazugehöriger
Kondyle.

Bei 2 Aufnahmen deckte sich der Tieferstand ganz.
Bei 9 ergab sich ein Unterschied von 0,1 cm, bei
6 ein solcher von 0,2 cm und bei 12 von 0,3 und
mehr cm.

Im Mittel von allen 50 Auf-
nahmen stand die tibiale
Kondyle um 0,26 cm tiefer
als die fibulare, und die
tibiale Pfanne um 0,14 cm
tiefer als die fibulare
Pfanne.

II. In bezug auf die Gradheit der Beine ergaben sich folgende Verhältnisse:

Bei 18 = 36% verliefen die Längsachsen von Tibia
und Femur annähernd parallel, d.h. die Beine wa-
ren etwa gerade.

Bei 3 = 6% schnitten sich die Achsen in tibial-
wärts geöffneten Winkeln von mehr als 185° , und
bei 29 = 58% ergaben sich fibularwärts geöffnete
Schnittwinkel der Achsen von 162 bis 176° (deut-
liche Krümmung).

III. Für den Winkel zwischen Femurlängsachse und Kon- dylenebene ergab sich ein Mittelwert von 83° bei einer Hauptschwankungsbreite von 72 bis 90° . Für den Winkel zwischen Tibiaachse und Pfannenebene ergab sich ein Mittelwert von $93,7^{\circ}$ bei einer Schwankungsbreite von 85 bis 105° .

IV. Über das Verhältnis von Kondylenebene zu Pfannenebene können folgende Aussagen gemacht werden:

Bei 15 Aufnahmen = 30% verliefen beide Ebenen parallel. Bei 3 Aufnahmen zeigte sich eine Konvergenz nach tibial und bei 1 Aufnahme eine Konvergenz nach fibular.

Bei 24 = 48% schnitten sich die Ebenen tibialwärts, davon bei 6 mit einem Winkel von 2° ,

bei 2 " " " " 3° ,

bei 9 " " " " 4° ,

bei 5 " " " " 5° ,

bei 2 " " " " 6° .

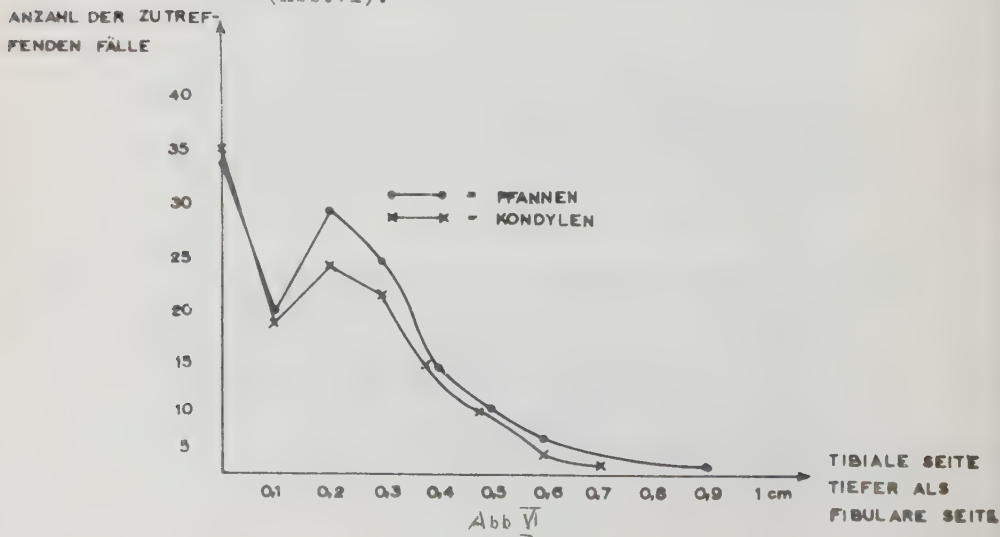
Bei 7 = 14% schnitten sich die Ebenen fibularwärts, davon bei 2 mit einem Winkel von 2° ,

bei 4 " " " " 3° ,

bei 1 " " " " 6° .

Vergleich der Ergebnisse

Bei den Aufnahmen der normalen Kniegelenke fand sich, daß bei 59,5% der Aufnahmen die tibiale Kondyle tiefer steht als die fibuläre Kondyle und bei 61% die tibiale Pfanne tiefer als die fibuläre (Abb.VI).



Dagegen zeigten sich bei den Kniegelenken mit Arthrose deformans folgende Verhältnisse:

Bei 72% steht die tibiale Kondyle tiefer als die fibuläre und bei 58% die tibiale Pfanne tiefer als die fibuläre (Abb.VII).

ANZAHL DER
ZUTREFFENDEN
FÄLLE

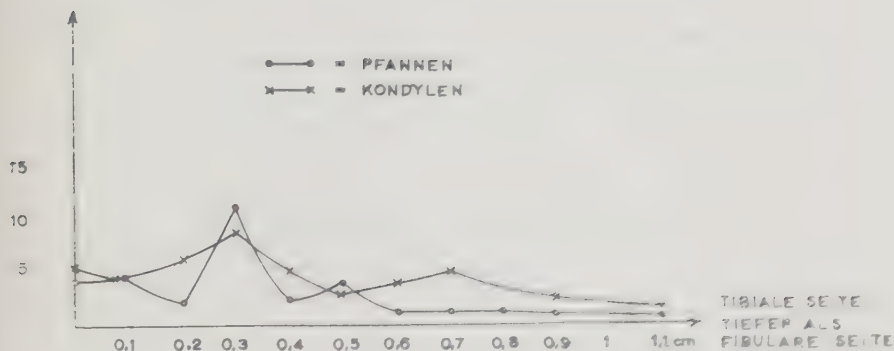


Abb VII

Die fibuläre Kondyle stand bei den normalen Kniegelenken bei 22,5% aller untersuchten Fälle tiefer als die tibiale und bei 22% die fibuläre Pfanne tiefer als die tibiale Pfanne (s. Abb. VIII).

Bei den arthrotischen Kniegelenken stand die fibuläre Kondyle tiefer als die tibiale in 74% der Fälle und die fibuläre Pfanne tiefer als die tibiale in 32% der Fälle (s. Abb. IX).

ANZAHL DER
ZUTREFFENDEN
FÄLLE

25

20

15

10

5

● — = PFANNEN
* — = KONDYLEN

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8

FIBULARE SEITE
TIEFER ALS
TIBIALE SEITE

Abb VIII

ANZAHL DER
ZUTREFFENDEN
FÄLLE

10

5

● — = PFANNEN
* — = KONDYLEN

Q1 Q2 0,3 0,4 0,5 cm

FIBULARE SEITE
TIEFER ALS
TIBIALE SEITE

Abb IX

Die Kurven zeigen, daß sich bei den normalen Kniegelenken in der Regel der Tieferstand von Kondyle und dazugehöriger Pfanne decken, während bei den pathologischen Gelenken eine starke Unregelmäßigkeit, ausgedrückt durch die teils erhebliche Inkongruenz der Kurven, sichtbar wird. Wir fanden, daß ein gleichmäßiger Tieferstand von Pfanne und dazugehöriger Kondyle nur in 6% aller Fälle von Arthrosis deformans vorlag. Ein gleichgerichteter Tieferstand lag in 29 Fällen = 58% vor, davon war in 24% aller Fälle der Unterschied zwischen Pfanne und dazugehörigem Kondylenstand größer als 0,2 cm.

Bei den normalen Gelenken dagegen zeigte sich ein gleichgerichteter Tieferstand von Pfanne und Kondyle in 84% aller Fälle und davon in 3% ein Unterschied, der größer als 0,2 cm war.

Aus diesen Vergleichen muß geschlossen werden, daß Kniegelenke, die in der Ap-Aufnahme

- a) einen entgegengesetzten Tieferstand von Pfanne und Kondyle zeigen, oder
- b) bei denen zwar ein gleichgerichteter Tieferstand vorliegt, aber mit Unterschieden von mehr als 0,2 cm

von der Arthrosis deformans bedroht sind.

Statische Begründung

Liegt ein entgegengesetzter Tieferstand von Pfanne und Kondyle vor, steht z.B. die mediale Kondyle

tiefer als die laterale, während die laterale Pfanne tiefer steht als die mediale,

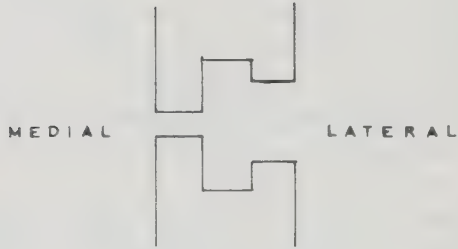


Abb. X

So wird der gesamte Druck im Kniegelenk auf die mediale Seite der Gelenke verlagert. Die Druckbelastung steigt medial gegenüber lateral um 100% an (Abb.X).

Liegt ein gleichgerichteter Tieferstand vor, so daß z.B. die mediale Kondyle und die mediale Pfanne tiefer stehen als die laterale Kondyle und die laterale Pfanne,

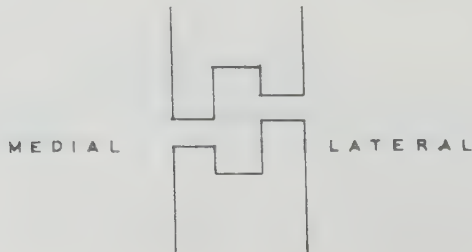


Abb. XI

kann ebenfalls eine Überbelastung einer Seite auftreten, und zwar in um so stärkerem Maße, je größer der Unterschied des Tieferstandes ist. Steht z.B. die mediale Kondyle um 0,5 cm tiefer als die laterale Kondyle, die mediale Pfanne jedoch nur 0,1 cm tiefer als die laterale Pfanne, so ist

1. die mediale Seite stärker belastet als die laterale,
2. die Belastung wesentlich größer, als wenn z.B. die mediale Pfanne um 0,4 cm tiefer stehen würde als die laterale Pfanne (Abb.XI).

Bei gleichgerichteten, gleichgroßen Tieferstand von Kondyle und dazugehöriger Pfanne ist eine gleichmäßige Druckverteilung auf die mediale und auf die laterale Kniegelenkhälfte gewährleistet im Sinne einer gleichmäßigen stufenförmigen Verzahnung (Abb.XII).

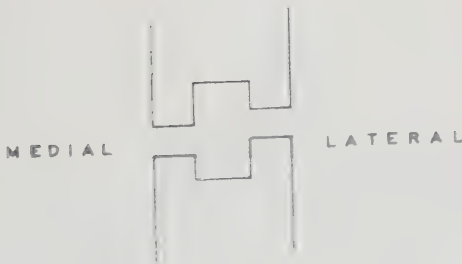


Abb. XII

Über die Geradheit der Beine fanden sich folgende Verhältnisse:

Bei den normalen Gelenken verliefen in 79,5% aller Fälle die Längsachsen von Femur und Tibia annähernd parallel, d.h. es handelt sich um gerade Beine. In 20,5% zeigte sich ein Schnitt der beiden Längsachsen, und zwar in 12% aller Fälle mit Winkeln, die nach tibial geöffnet waren, also eine Krümmung im Sinne eines O-Beines bedeuten.

Bei den pathologischen Fällen fanden wir dagegen nur in 36% gerade Beine, bei 6% im Sinne eines O-Beines gekrümmte Beine und bei 58% Beine, die im Sinne eines X-Beines gekrümmt waren. Es besteht also eine eindeutige Beziehung zwischen der Arthrosis deformans und dem krummen Bein. Besonders gefährdet sind dem Ergebnis nach Kniegelenke von Beinen, die im Sinne eines X-Beines gekrümmt sind.

Statik des X-Beines

Beim ausgeprägten X-Bein wird durch ein Hochschieben der lateralen Pfanne und ein gleichzeitiges Tiefer-treten der lateralen Kondyle die Kniegelenksebene aus einer annähernd waagrechten Lage in dem Sinne verschoben, daß fast die gesamte Druckbelastung auf die laterale Seite entfällt. Die Druckbelastung steigt proportional mit dem Grad des X-Beines (Abb. XIII).

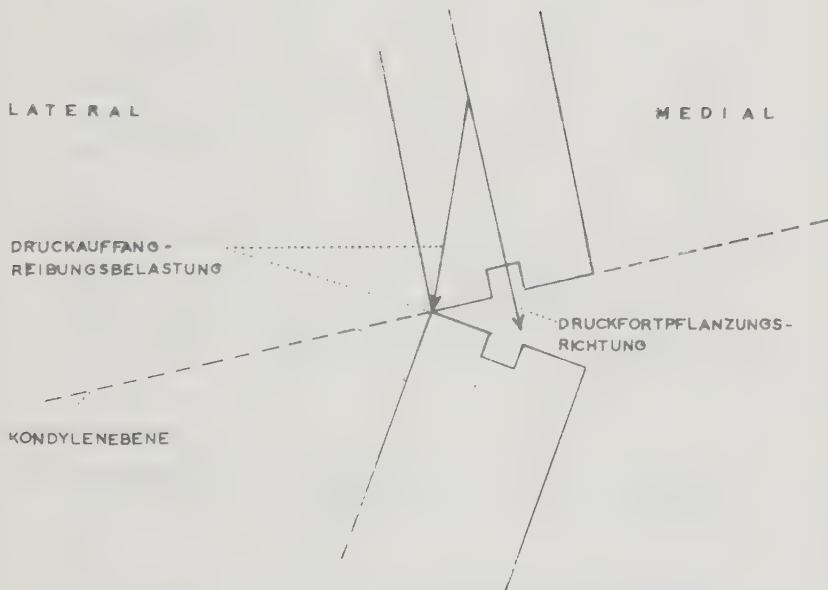


Abb XIII

Bei den normalen Kniegelenken verliefen in 71% Pfannenebene und Kondylenebene parallel. In 15% zeigte sich eine Konvergenz der Ebenen nach tibial und in 7% eine Konvergenz nach fibular. In 6,5% schnitten sich beide Ebenen tibialwärts mit Winkeln zwischen 2° und 5° und in 0,5% fibularwärts mit einem Winkel von 4° .

Bei den pathologischen Kniegelenken fanden sich dagegen folgende Verhältnisse:

In 30% Parallelverlauf beider Ebenen, in 6% Konvergenz nach tibial und in 2% Konvergenz nach fibular. Davon ergaben sich in 48% tibialwärts: Schnittwinkel von 2° bis 6° und in 14% fibularwärts: Schnittwinkel von 2° bis 6° .

Das zeigt, daß in 70% der Fälle mit Arthrosis deformans eine Verschmälerung des Gelenkspaltes auf der einen oder anderen Seite eindeutig nachweisbar ist, ein Verhalten, das bei normalen Kniegelenken nur in 30% aller Fälle nachzuweisen ist.

Es bleibt hier allerdings die Frage offen, ob diese Verhältnisse zum großen Teil nicht als Folge der Arthrosis deformans aufzufassen sind, zumal sich durch eine Verengung des Gelenkspaltes allein keine Veränderungen im Sinne einer statischen Druckverteilung im Kniegelenk ergeben. Eindeutig allerdings wird die Reibungsbelastung auf der Seite der Verengung des Gelenkspaltes zwischen den knöchernen Kondylenteilen und den knöchernen Pfannenanteilen größer.

Für den Winkel zwischen Femurlängsachse und Kondylen-ebene ergaben sich bei den normalen Kniegelenken Werte zwischen 77° und 86° mit einem Mittelwert von $82,1^\circ$. Bei den pathologischen Gelenken wurde entsprechend eine Schwankungsbreite von 72 bis 90° festgestellt. Der Mittelwert lag bei 83° .

Die Winkel zwischen Tibialängsachse und Pfannenebene betrugen bei den normalen Kniegelenken $91 - 100^\circ$ mit dem Mittelwert $95,5^\circ$ und bei den arthrotischen Kniegelenken $95 - 105^\circ$ mit einem Mittelwert von $93,7^\circ$. Die Mittelwertberechnung ergab hier keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen.

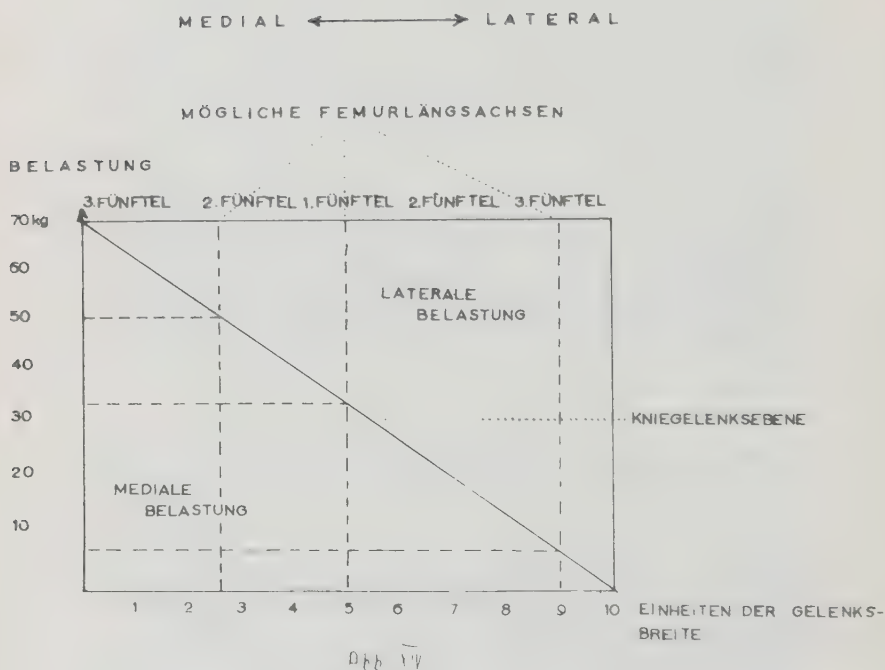
Während bei den normalen Kniegelenken die Femurlängsachsen die horizontale Mittelebene des Kniegelenks

in allen Fällen im mittleren Fünftel schnitt, also eine gleichmäßige Druckverteilung auf beide Kondylen stattfand - wenn man berechtigterweise die Femurlängsachse als Druckfortpflanzungsrichtung betrachtet -, fanden wir bei den Kniegelenken mit Arthrosis deformans stark abweichende Verhältnisse. Nur in 74% der Fälle lag der Schnittpunkt ebenfalls im mittleren Fünftel, bei 24% im zweiten Fünftel - als erstes Fünftel sei das mediale Fünftel bezeichnet - und bei 2% im dritten Fünftel. Die Abweichungen erfolgten tibial- und fibularwärts. Das bedeutet eine starke Mehrbelastung der Kniegelenkshälfte, nach der die Abweichung erfolgt.

Statik

Beim Laufen tritt im Kniegelenk eine Belastung von rd. 70 kg (durchschnittliches Körpergewicht ohne Unterschenkel) auf, die sich normalerweise gleichmäßig auf beide Kondylen- und Pfannenanteile verteilt, d.h. wenn die Femurlängsachse die horizontale Mittelebene des Kniegelenks in der Mitte schneidet. Dabei ist die Femurlängsachse = Druckfortpflanzungsrichtung zu setzen.

Weicht die Achse nach lateral oder medial aus der Mitte ab, so wird die Belastung entsprechend lateral oder medial immer größer. In einem entsprechenden Diagramm ergeben sich dafür folgende Verhältnisse: (Abb. XIV)



Trifft die Femurlängsachse das Kniegelenk in der Mitte, so ist die Druckverteilung lateral und medial gleich, und zwar hier je 35 kg. Je Einheit, die die Achse aus der Mitte nach medial bzw. nach lateral herausfällt, bedeutet für die betreffende Seite einen Druckzuwachs von 10% der Gesamtbelastung = 7 kg. Trifft die Achse z.B. das Kniegelenk im zweiten Fünftel, so bedeutet das eine Mehrbelastung der entsprechenden Seite von 10 - 30% gegenüber der anderen Seite (Abb. XIV).

S c h l u ß t e i l

Es wurden die statischen Verhältnisse von 200 normalen Kniegelenken und 50 Kniegelenken mit Arthrosis deformans ausgewertet und in Vergleich gesetzt. Es hat sich gezeigt, daß in der Mehrzahl der arthrotischen Kniegelenke eindeutige Fehlbelastungen festzustellen sind. So konnte nur bei 6% der pathologischen Gelenke eine vollständige Kongruenz von Pfannen und dazugehörigen Kondylen festgestellt werden.

Der Vergleich der Geradheit der Beine beider Gruppen zeigte in 79,5% der gesunden Gelenke gerade Beine im Gegensatz zu nur 36% bei der Arthrosis deformans-Gruppe. 58% aller Aufnahmen dieser Gruppe ließen eine Krümmung im Sinne eines X-Beines erkennen.

Pfannenebene und Kondylenebene verliefen in der ersten Gruppe in 71% parallel, in der pathologischen Gruppe nur in 30%.

Bei den gesunden Kniegelenken traf die Druckfortpflanzungslinie in allen Fällen die Kniegelenksmitte im mittleren Fünftel, bei den pathologischen Gelenken nur in 74% der untersuchten Fälle.

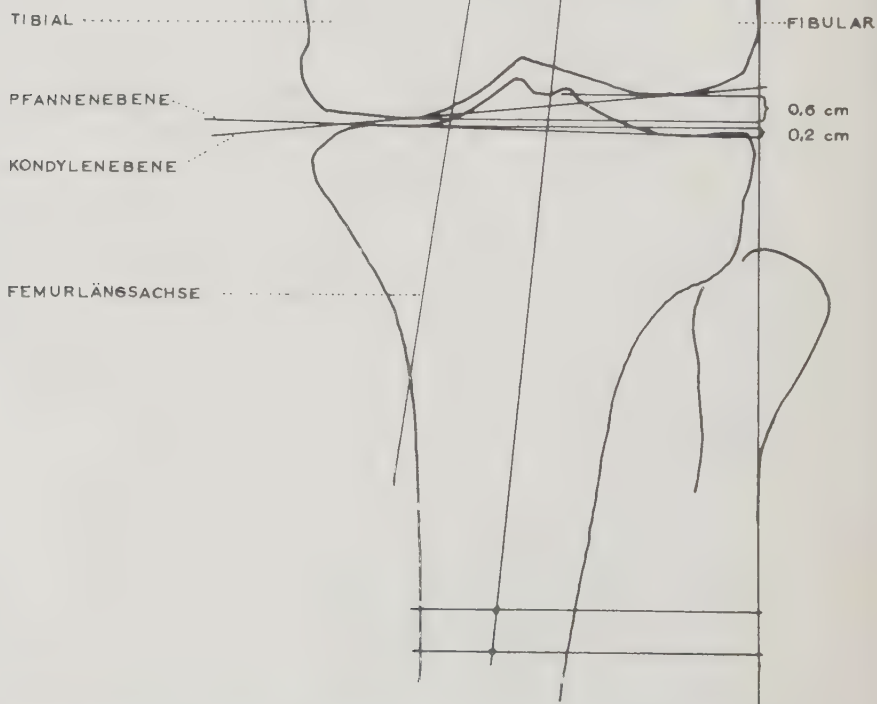
Die Untersuchung ergab, daß bei 90 % aller untersuchten Kniegelenke mit Arthrosis deformans signifikante statische Abweichungen von der Norm vorliegen.

Nur in etwa 10% muß eine andere Ursache für die Veränderungen im Sinne einer Arthrosis deformans angenommen werden (Arthritis, toxische Knorpelschäden).

Nach dem Ergebnis kann röntgenologisch frühzeitig eine Disposition zur Arthrosis deformans diagnostiziert werden. Vorbeugende Maßnahmen - Osteotomie - müßten diskutiert werden.

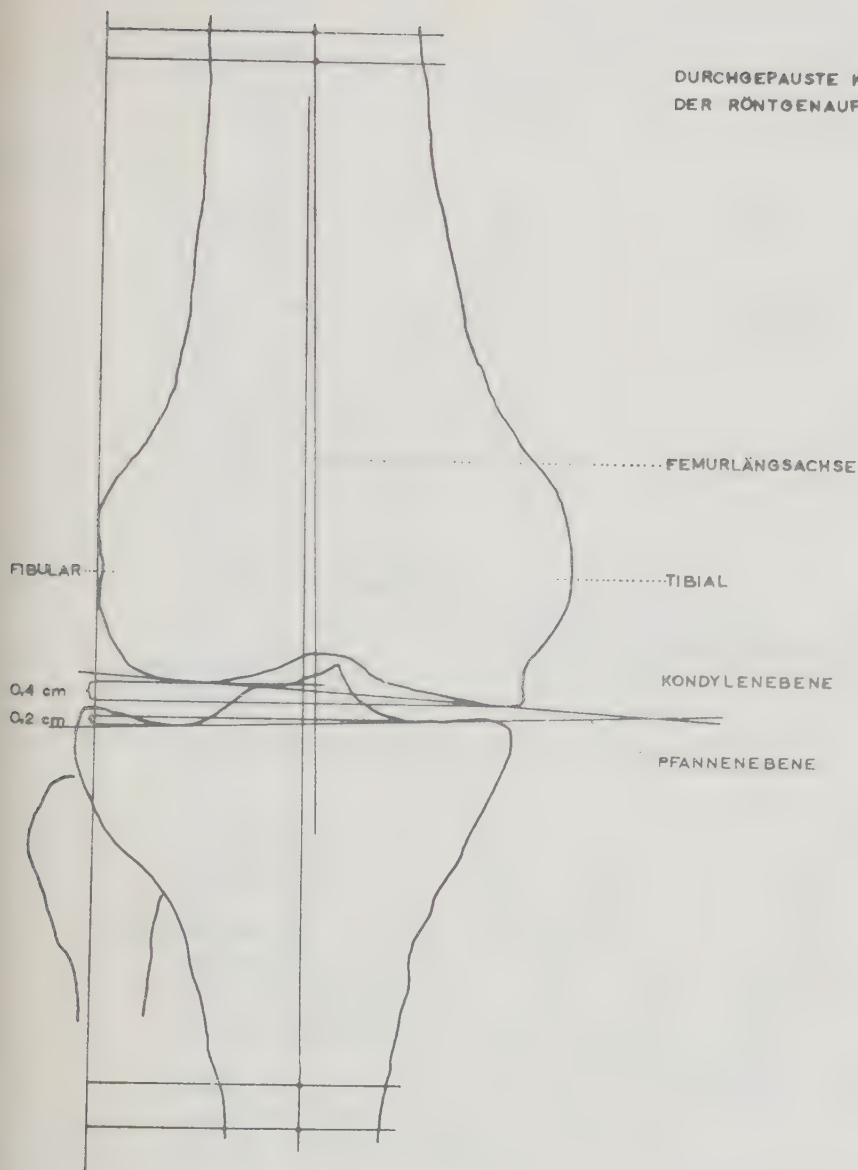
B e i s p i e l e :

DURCHGEPAUSTE KONTUR
DER RÖNTGENAUFNAHME



62 JÄHRIGE PATIENTIN. ARTHROSIS DEFORMANS, LINKES KNIEGELENK. DIE TIBIALE KONDYLE STEHT UM 0,6 cm TIEFER ALS DIE FIBULARE KONDYLE, DIE TIBIALE PFANNE DAGEGEN UM 0,2 cm HÖHER ALS DIE FIBULARE PFANNE. PFANNEN- UND KONDYLENEBENE KONVERGIEREN STARK NACH TIBIAL. DIE FEMURLÄNGSACHSE (DRUCKFORTPFLANZUNGSRICHTUNG) SCHNEIDET DIE HORIZONTALE MITTELEBENE DES KNIEGELENKES AUSZERHALB DES MITTLEREN FÜNFTELS.

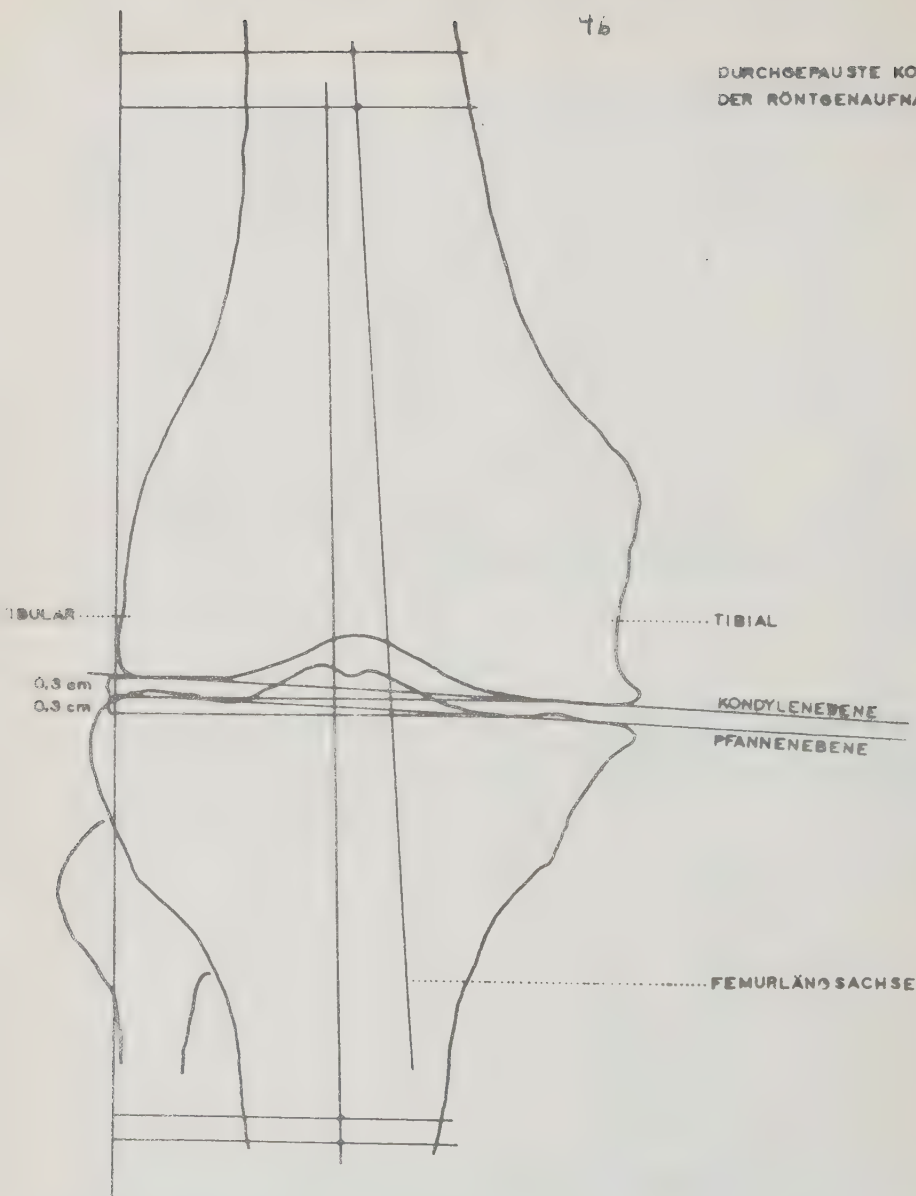
DURCHGEPAUSTE KONTUR
DER RÖNTGENAUFNAHME



ARTHROSIS DEFORMANS RECHTS.

DIE TIBIALE KONDYLE STEHT 0,4 cm TIEFER ALS DIE FIBULARE KONDYLE.
DAGEGEN STEHT DIE FIBULARE PFANNE 0,2 cm TIEFER ALS DIE TIBIALE PFANNE.
KONDYLENEBENE UND PFANNENEBENE SCHNEIDEN SICH TIBIALWARTS.

DURCHGEPAUSTE KONTUR
DER RÖNTGENAUFNAHME



30 JÄHRIGER MANN, NORMALES RECHTES KNIEGELENK

TIBIALE KONDYLE STEHT 0,3 cm TIEFER ALS DIE FIBULARE KONDYLE. ENTSPRECHEND STEHT TIBIALE PFANNE 0,3 cm TIEFER ALS DIE FIBULARE PFANNE. PFANNENEBENE UND KONDYLENEBENE VERLAUFEN PARALLEL DIE FEMURLÄNGSACHSE SCHNEIDET DIE HORIZONTALE MITTELEBENE DES KNIEGELENKES IM MITTLEREN FÜNFTEL.

Quellenverzeichnis

1. Axhausen, G.
Gelenkausbrüche und Gelenkeinbrüche im Tierversuch.
Archiv für klinische Chirurgie 124 : 543-553, 1923
2. Bauer, Walter und Bennet, G.A.
Experimental and Pathological Studies in the Degenerative Type of Arthritis.
The Journal of Bone and Joint Surgery
18 : 1-18, Jan. 1936
3. Benninghoff, Prof. Dr. A. - Goertler, Prof. Dr. K.
Lehrbuch der Anatomie des Menschen.
Urban und Schwarzenberg, München/Berlin 1960
4. Fick
Spezielle Muskel- und Gelenkmechanik.
Handbuch der Anatomie des Menschen, Jena 1904
5. Fischer, O.
Kinematik organischer Gelenke.
Viehweg & Sohn, Braunschweig 1907
6. Hamperl, H.
Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und pathologischen Anatomie.
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960
7. Henle, J.
Handbuch der Systematischen Anatomie.
Viehweg & Sohn, Braunschweig 1855
8. Kneese
Kinematik des Kniegelenkes.
Z. Anat. 1950 287-322

9. König, Fritz
Über reaktive Vorgänge am Knorpel nach verschiedenen Schädigungen.
Arch. f. Chirurgie 124: 143-553, 1923
10. Lanz, T./Wachsmuth, W.
Praktische Anatomie.
Berlin 1938
11. Maier, R.
Über die Rolle der Zugfunktion bei der Genese der Arthrosis deformans in röntgenologischer Betrachtung.
Zeitschrift für Orthopädie 90: 511-18 1958
12. Martin, Albert F.
The Pathomechanics of the Knee Joint .
The Journal of Bone and Joint Surgery,
Vol. 42-A No 1 - January 1960
13. Meyer von, H.
Die Mechanik des Kniegelenkes.
Leipzig 1873
14. Otte, P.
Die Regenerationsunfähigkeit des Gelenkknorpels.
Zeitschrift für Orthopädie 90: 299-303 1958
15. Rütt, A.
Histologische Befunde der Gelenkkapsel und der periartikulären Weichteile bei der Arthrosis deformans.
Zeitschrift für Orthopädie 89: 180-88 1958
16. Salter, Robert B./Field, Paul
The Effects of continuous Compression on living articular Cartilage.
The Journal of Bone and Joint Surgery
Vol. 42-A No 1 - Jan. 1960

17. Steindler, A.
Kinesiologie of the human body.
Springfield-Illinois 1955
18. Strasser, H.
Lehrbuch der Gelenk- und Muskelmechanik.
Springer-Verlag Berlin 1908.
19. Wallraff, Josef
Leitfaden der Histologie des Menschen.
Urban-Schwarzenberg, München-Berlin 1960.
20. Wiberg, Gunnar
Mechanisch-funktionelle Faktoren als Ursache
der Arthritis deformans in Hüft- und Kniege-
lenk.
Zeitschrift für Orthopädie 75/76: 260-86.

Lebenslauf

Am 17. 7. 1936 wurde ich als Sohn des Assistenzarztes Dr.med. Erwin Schultz und seiner Ehefrau Annemarie, geb. Baade, in Quedlinburg geboren. Ich bin evangelischer Konfession. 1942 wurde ich in Beetzendorf / Altmark eingeschult und besuchte die dortige Volksschule bis 1947 . Ostern 1947 bestand ich die Aufnahmeprüfung des städtischen Gymnasiums in Gevelsberg i. W., um neun Jahre später, am dritten März 1956, die Reifeprüfung zu bestehen. Im S.S. 1956 wurde ich an der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen für das Studienfach Medizin eingeschrieben. Am 28. 10. 1958 bestand ich vor dem Prüfungsausschuß der Universität Erlangen die ärztliche Vorprüfung mit der Note " Gut " . Im W.S. 1958/59 studierte ich an der Universität Bonn Medizin, um dann im S.S. 1959 und im W.S. 1959/60 nach Erlangen zurückzukehren. Im S.S. 1960 ging ich an die Medizinische Akademie in Düsseldorf. Das W.S. 1960/61 und das S.S. 1961 verbrachte ich erneut in Erlangen. Am 15. 12. 1961 legte ich das Medizinische Staatsexamen vor dem zuständigen Prüfungsausschuß der Universität Erlangen-Nürnberg mit der Note " Sehr gut " ab.

Erlangen, den 15. 12. 1961

Erwin Schultz

GEDRUCKT BEI LUDWIG MÜLLER ERLANGEN